

THE COMMISSIONER IS AUTHORIZED  
TO CHARGE ANY DEFICIENCY IN THE  
FEE FOR THIS PAPER TO DEPOSIT  
ACCOUNT NO. 23-0975.

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of :  
Hideki NAKAHARA et al. :  
Serial No. NEW : Attn: APPLICATION BRANCH  
Filed July 28, 2000 : Attorney Docket No. 2000\_1048A

OFDM SIGNAL TRANSMISSION SCHEME,  
AND OFDM SIGNAL TRANSMITTER/-  
RECEIVER

CLAIM OF PRIORITY UNDER 35 USC 119

Assistant Commissioner for Patents,  
Washington, DC 20231

Sir:

Applicants in the above-entitled application hereby claim the dates of priority under the International Convention of Japanese Patent Application No. 11-217918, filed July 30, 1999, and Japanese Patent Application No. 2000-079896, filed March 22, 2000, as acknowledged in the Declaration of this application.

Certified copies of said Japanese Patent Applications are submitted herewith.

Respectfully submitted,

Hideki NAKAHARA et al.

By Charles R. Watts  
Charles R. Watts  
Registration No. 33,142  
Attorney for Applicants

CRW/asd  
Washington, D.C. 20006  
Telephone (202) 721-8200  
Facsimile (202) 721-8250  
July 28, 2000

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されて  
ある事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed  
with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 7月30日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第217918号

出 願 人

Applicant(s):

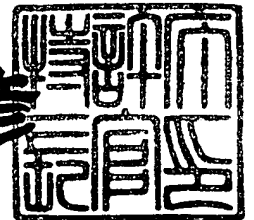
松下電器産業株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2000年 5月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出願番号 出願特2000-3038365

【書類名】 特許願

【整理番号】 2022510218

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04J 11/00  
H04L 27/22

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 中原 秀樹

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 田中 宏一郎

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 白方 亨宗

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 木村 知弘

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内

【氏名】 原田 泰男

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100098291

【弁理士】

【氏名又は名称】 小笠原 史朗

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 035367

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9405386

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 OFDM信号の伝送方法及び送受信装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 送信側から受信側へ向けて OFDM信号を伝送する方法であって、

前記 OFDM信号は、

データによって構成されるデータシンボルと、

所定の周波数成分と振幅と位相とを有するパイロットシンボルとを含み、

前記送信側において、前記パイロットシンボルは、一つまたは複数の前記データシンボルの間に挿入されて、前記データシンボルとともに送信され、

前記受信側において、受信されたパイロットシンボルは、受信されたデータシンボルの周波数ずれ及び残留位相誤差の補償に用いられることを特徴とする、OFDM信号の伝送方法。

【請求項 2】 前記パイロットシンボルを構成するサブキャリアは、全てが所定の振幅と位相とを有するパイロットキャリアであることを特徴とする、請求項 1 に記載の OFDM信号の伝送方法。

【請求項 3】 前記周波数ずれ及び残留位相誤差の補償には、前記パイロットシンボルを構成するパイロットキャリアの平均値が用いられることを特徴とする、請求項 1 に記載の OFDM信号の伝送方法。

【請求項 4】 前記周波数ずれ及び残留位相誤差の補償に用いられる平均値は、各パイロットキャリアの振幅値によって重み付けされて算出されることを特徴とする、請求項 3 に記載の OFDM信号の伝送方法。

【請求項 5】 前記周波数ずれ及び残留位相誤差の補償には、最も近いパイロットシンボル相互間の位相差値から、時系列直線近似値として算出された値が用いられることを特徴とする、請求項 1 に記載の OFDM信号の伝送方法。

【請求項 6】 受信側へ向けて OFDM信号を送信する送信装置であって、送信データが入力されて、OFDMデータシンボルを生成するデータシンボル生成部と、

OFDMパイロットシンボルを生成するパイロットシンボル生成部と、

一つまたは複数の前記データシンボルの間に、前記パイロットシンボルが挿入されるように、前記データシンボル生成部および前記パイロットシンボル生成部から入力される信号を切り替えて出力するシンボル選択部とを備える、OFDM信号の送信装置。

【請求項 7】 前記データシンボル生成部は、

送信データが入力されて、周波数軸上のデータシンボルを生成する周波数軸上データシンボル生成部と、

周波数軸上データシンボル生成部からの信号を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部とを含み、

前記パイロットシンボル生成部は、

周波数軸上のパイロットシンボルを生成する周波数軸上パイロットシンボル生成部と、

周波数軸上パイロットシンボル生成部からの信号を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部とを含む、請求項 6 に記載の OFDM 信号の送信装置。

【請求項 8】 送信側から送信され、データによって構成されるデータシンボルと、所定の周波数成分と振幅と位相とを有し、一つまたは複数の前記データシンボルの間に挿入されるパイロットシンボルとを含んだ OFDM 信号を受信する受信装置であって、

受信された前記 OFDM 信号をフーリエ変換するフーリエ変換部と、

フーリエ変換部から出力された信号から前記パイロットシンボルを検出し、フーリエ変換部から出力された信号の周波数ずれ及び残留位相誤差を補償する位相補償部と、

周波数ずれ及び残留位相誤差を補償された信号が入力されて、復調データを出力する復調部とを備える、OFDM 信号の受信装置。

【請求項 9】 前記位相補償部は、或るパイロットシンボルの位相と所定の位相との位相差値と、最も近いパイロットシンボル相互間の位相差値とを用い、受信された前記データシンボルの位相が所定の位相に一致するような補償値を算出して補償することを特徴とする、請求項 8 に記載の OFDM 信号の受信装置。

【請求項 10】 前記位相差値は、各パイロットシンボルに含まれる全ての

パイロットキャリアの位相の平均値を用いて算出されることを特徴とする、請求項 9 に記載の OFDM 信号の受信装置。

【請求項 1 1】 前記平均値は、各前記パイロットキャリアの振幅値によって重み付けされて算出されることを特徴とする、請求項 1 0 に記載の OFDM 信号の受信装置。

【請求項 1 2】 前記補償値は、最も近いパイロットシンボル相互間の位相差値から、時系列直線近似値として算出されることを特徴とする、請求項 9 に記載の OFDM 信号の受信装置。

【請求項 1 3】 前記位相補償部は、  
任意のパイロットシンボルである第 1 のパイロットシンボルと、当該第 1 のパイロットシンボルの後に伝送される第 2 のパイロットシンボルとを検出するパイロットシンボル検出部と、

前記第 1 のパイロットシンボルの位相と所定の位相との差を算出する第 1 のパイロットシンボル位相差算出部と、

前記第 1 のパイロットシンボルの位相と前記第 2 のパイロットシンボルの位相との差を算出するパイロットシンボル間位相差算出部と、

前記第 1 のパイロットシンボル位相差算出部が算出した位相差値と、前記パイロットシンボル間位相差算出部が算出した位相差値とが入力されて、周波数ずれ及び残留位相誤差を修正するための補償値を算出する位相補償値算出部と、

前記補償値が入力されて、前記データシンボルの位相を回転させる位相回転部とを備える、請求項 8 に記載の OFDM 信号の受信装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、直交周波数分割多重 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing: 以下、OFDM と称す) 伝送方式に関し、より特定的には、有線または無線の伝送路を介し、OFDM 信号を用いてデータを伝送する方法及びその送受信装置に関する。

【0 0 0 2】

## 【従来の技術】

OFDM伝送方式においては、送信側と受信側との間の周波数ずれや、受信機の局部発振器における位相ノイズなどに起因する位相誤差などが、復調特性の劣化を招くことが知られている。

## 【0003】

ここで、一般的に、OFDM信号の伝送において、送信機は、受信機との同期を取るために、1シンボル長よりも長い時間長を有するプリアンブル部を送信する信号に挿入することが多い。このプリアンブル部を利用することによって、位相誤差等を正確に修正することができる。もっとも、プリアンブル部が頻繁に挿入されれば、精度よく位相誤差等を修正できる反面、伝送速度が著しく低下する。

## 【0004】

そこで、従来においては、例えば、特開平8-265293号公報に示されるように、データシンボルにおけるデータキャリアの間に、一つないし複数のパイロットキャリアを挿入する方法がとられる。

## 【0005】

ところで、OFDM信号は、いくつかのサブキャリアを含んだ、一定の時間長を有する複数のシンボルによって構成される。上述のデータキャリアもパイロットキャリアも、サブキャリアの一つである。上述の従来例においては、1つのデータシンボルごとに、当該データシンボルに含まれるパイロットキャリアの位相誤差を検出して、その誤差を補償する。

## 【0006】

## 【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述のような従来例によれば、伝送路中に大きな雑音が生じている環境下や、マルチパスフェージング環境下において、1シンボルあたりのパイロットキャリアの数が少ない場合には、位相誤差の検出精度が劣化するという問題が生じる。また、パイロットキャリアの数を多くすれば、位相誤差の検出精度を上げることができるが、反面、占有周波数帯域幅が広がり、また、伝送速度が低下するという問題が生じる。



## 【 0 0 0 7 】

そこで、本発明の目的は、伝送路中に大きな雑音が生じている環境下やマルチパスフェージング環境下においても、伝送速度を低下させないで、精度よく、送受信間の周波数ずれや、残留位相誤差を補償し、低い誤り率でOFDM信号を伝送する方法と、そのための送受信装置を提供することである。

## 【 0 0 0 8 】

## 【課題を解決するための手段および発明の効果】

第1の発明は、送信側から受信側へ向けてOFDM信号を伝送する方法であって、OFDM信号は、データによって構成されるデータシンボルと、所定の周波数成分と振幅と位相とを有するパイロットシンボルとを含み、送信側において、パイロットシンボルは、一つまたは複数のデータシンボルの間に挿入されて、データシンボルとともに送信され、受信側において、受信されたパイロットシンボルは、受信されたデータシンボルの周波数ずれ及び残留位相誤差の補償に用いられることを特徴とする。

## 【 0 0 0 9 】

このように、第1の発明においては、送信側で所定の周波数成分を有し、振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを所定数のデータシンボル毎に挿入する。受信側では、パイロットシンボルを用いて精度良く位相誤差検出を行う。この検出結果と、所定数のデータシンボルの時間長だけ離れた2つのパイロットシンボル相互間の位相差から、パイロットシンボル間のデータシンボルの位相誤差を補償する。そうすれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも、正確にデータシンボルを復調することができる。

## 【 0 0 1 0 】

第2の発明は、第1の発明におけるOFDM信号を伝送する方法であって、パイロットシンボルを構成するサブキャリアは、全てが所定の振幅と位相とを有するパイロットキャリアであることを特徴とする。

## 【 0 0 1 1 】

このように、第2の発明において、1シンボルあたりのサブキャリアの数は、シンボル長に影響を与えない。したがって、サブキャリア全てを含んでいても、

伝送速度は低下せず、さらに精度よく位相誤差を修正できるような、OFDM信号の伝送方法を実現することができる。

## 【0012】

第3の発明は、第1の発明におけるOFDM信号を伝送する方法であって、周波数ずれ及び残留位相誤差の補償には、パイロットシンボルを構成するパイロットキャリアの平均値が用いられることを特徴とする。

## 【0013】

このように、第3の発明においては、受信されたパイロットキャリアの位相を平均化することで、さらに精度よく位相誤差を修正できるような、OFDM信号の伝送方法を実現することができる。

## 【0014】

第4の発明は、第3の発明におけるOFDM信号を伝送する方法であって、周波数ずれ及び残留位相誤差の補償に用いられる平均値は、各パイロットキャリアの振幅値によって重み付けされて算出されることを特徴とする。

## 【0015】

このように、第4の発明において、受信信号は、伝送路及び雑音により歪を受ける。そのため、受信パイロットシンボルの各キャリアの振幅値に応じた重み付けを行って、平均値を求める。このようにすれば、より正確に位相誤差を修正できるような、OFDM信号の伝送方法を実現することができる。

## 【0016】

第5の発明は、第1の発明におけるOFDM信号を伝送する方法であって、周波数ずれ及び残留位相誤差の補償には、最も近いパイロットシンボル相互間の位相差値から、時系列直線近似値として算出された値が用いられることを特徴とする。

## 【0017】

このように、第5の発明においては、直線近似値を用いてパイロットシンボルのデータシンボルの位相誤差を補償する。そうすれば、周波数ずれによる位相変動は時系列において線形性を有するため、線形的に正確な補償をすることができる。

## 【 0 0 1 8 】

第 6 の発明は、受信側へ向けて OFDM 信号を送信する送信装置であって、送信データが入力されて、OFDM データシンボルを生成するデータシンボル生成部と、OFDM パイロットシンボルを生成するパイロットシンボル生成部と、一つまたは複数のデータシンボルの間に、パイロットシンボルが挿入されるように、データシンボル生成部およびパイロットシンボル生成部から入力される信号を切り替えて出力するシンボル選択部とを備える。

## 【 0 0 1 9 】

このように、第 6 の発明においては、送信装置が、所定の周波数成分を有し、振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを、所定数のデータシンボル毎に挿入する。次に、受信側で、パイロットシンボルを用いて精度良くデータシンボルの位相誤差を補償する。そうすれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを伝送することができる。

## 【 0 0 2 0 】

第 7 の発明は、第 6 の発明における送信装置であって、データシンボル生成部は、送信データが入力されて、周波数軸上のデータシンボルを生成する周波数軸上データシンボル生成部と、周波数軸上データシンボル生成部からの信号を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部とを含み、パイロットシンボル生成部は、周波数軸上のパイロットシンボルを生成する周波数軸上パイロットシンボル生成部と、周波数軸上パイロットシンボル生成部からの信号を逆フーリエ変換する逆フーリエ変換部とを含む。

## 【 0 0 2 1 】

このように、第 7 の発明においては、送信装置が、所定の周波数成分を有し、振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルと、データシンボルとを、まず周波数軸上の信号として生成し、逆フーリエ変換する。そうすれば、簡易な構成で OFDM 信号を生成することができ、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも簡易な構成で正確にデータシンボルを伝送することができる。

## 【 0 0 2 2 】

第 8 の発明は、送信側から送信され、データによって構成されるデータシンボルと、所定の周波数成分と振幅と位相とを有し、一つまたは複数のデータシンボルの間に挿入されるパイロットシンボルとを含んだ OFDM 信号を受信する受信装置であって、受信された OFDM 信号をフーリエ変換するフーリエ変換部と、フーリエ変換部から出力された信号からパイロットシンボルを検出し、フーリエ変換部から出力された信号の周波数ずれ及び残留位相誤差を補償する位相補償部と、周波数ずれ及び残留位相誤差を補償された信号が入力されて、復調データを出力する復調部とを備える。

## 【 0 0 2 3 】

このように、第 8 の発明においては、送信側で所定の周波数成分を有し、振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを所定数のデータシンボル毎に挿入し、受信側で、パイロットシンボルを用いて精度良く位相誤差検出を行う。そうすれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを復調することができる。

## 【 0 0 2 4 】

第 9 の発明は、第 8 の発明における受信装置であって、位相補償部は、或るパイロットシンボルの位相と所定の位相との位相差値と、最も近いパイロットシンボル相互間の位相差値とを用い、受信されたデータシンボルの位相が所定の位相に一致するような補償値を算出して補償することを特徴とする。

## 【 0 0 2 5 】

このように、第 9 の発明においては、送信側で所定の周波数成分を有し、振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを所定数のデータシンボル毎に挿入し、受信側で、パイロットシンボルを用いて精度良く位相誤差検出を行う。この検出結果と、所定数のデータシンボルの時間長だけ離れた 2 つのパイロットシンボル相互間の位相差から、パイロットシンボル間のデータシンボルの位相誤差を補償すれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを復調することができる。

## 【 0 0 2 6 】

第10の発明は、第9の発明における受信装置であって、位相差値は、各パイロットシンボルに含まれる全てのパイロットキャリアの位相の平均値を用いて算出されることを特徴とする。

【0027】

このように、第10の発明においては、受信されたパイロットキャリアの位相を平均化することで、さらに精度よく位相誤差を修正できるような、OFDM信号の受信装置を実現することができる。

【0028】

第11の発明は、第10の発明における受信装置であって、平均値は、各パイロットキャリアの振幅値によって重み付けされて算出されることを特徴とする。

【0029】

このように、第11の発明において、受信信号は、伝送路及び雑音により歪を受ける。そのため、受信パイロットシンボルの各キャリアの振幅値に応じた重み付けを行って、平均値を求める。このようにすれば、より正確に位相誤差を修正できるような、OFDM信号の受信装置を実現することができる。

【0030】

第12の発明は、第9の発明における受信装置であって、補償値は、最も近いパイロットシンボル相互間の位相差値から、時系列直線近似値として算出されることを特徴とする。

【0031】

このように、第12の発明においては、直線近似値を用いてパイロットシンボル間のデータシンボルの位相誤差を補償する。そうすれば、周波数ずれによる位相変動は時系列において線形性を有するため、線形的に正確な補償をすることができる。

【0032】

第13の発明は、第8の発明における受信装置であって、位相補償部は、任意のパイロットシンボルである第1のパイロットシンボルと、当該第1のパイロットシンボルの後に伝送される第2のパイロットシンボルとを検出するパイロットシンボル検出部と、第1のパイロットシンボルの位相と所定の位相との差を算出

する第 1 のパイロットシンボル位相差算出部と、第 1 のパイロットシンボルの位相と第 2 のパイロットシンボルの位相との差を算出するパイロットシンボル間位相差算出部と、第 1 のパイロットシンボル位相差算出部が算出した位相差値と、パイロットシンボル間位相差算出部が算出した位相差値とが入力されて、周波数ずれ及び残留位相誤差を修正するための補償値を算出する位相補償値算出部と、補償値が入力されて、データシンボルの位相を回転させる位相回転部とを備える。

#### 【 0 0 3 3 】

このように、第 1 3 の発明によれば、送信側において、所定の周波数成分を有し、振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを所定数のデータシンボル毎に挿入する。受信側において、受信信号からはじめに検出される第 1 のパイロットシンボルと受信側で用意される所定の参照パイロットシンボルとの位相差を求める。次に、第 1 のパイロット信号と、後に検出される第 2 のパイロットシンボルとの位相差を求める。これらにより、2 つのパイロットシンボルの位相誤差が求まり、データシンボルに対する位相補償値を求めることができる。したがって、正確にデータシンボルの周波数ずれ及び残留位相誤差を補償することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

##### 【発明の実施の形態】

まず、本発明の一実施形態に係る伝送方法を説明する。図 1 は、本発明の一実施形態に係る伝送方法において、伝送される OFDM 信号の構成を示す図である。図 1 に示されるように、所定の周波数成分を有し、その振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルの後には、データシンボルが複数個続く。そして、データシンボルの後には、さらに、パイロットシンボルが続く。このように、本発明の一実施形態に係る伝送方法における OFDM 信号は、1 つないし複数のデータシンボルの間に、1 つのパイロットシンボルが挿入された構成である。

#### 【 0 0 3 5 】

ここで、OFDM 信号はいくつかのサブキャリアを含むが、パイロットシンボ

ルは、所定のサブキャリアを全て含んでいてもよいし、そのいくつかを含んでいてもよい。もっとも、1シンボルあたりのサブキャリアの数は、シンボル長に影響を与えない。したがって、サブキャリア全てを含んでいても、シンボル長は変わらないので、伝送速度は低下せず、さらに精度よく位相誤差を修正できる。よって、本発明の一実施形態に係る伝送方法において、パイロットシンボルは、サブキャリア全てを含むのが好ましい。

## 【0036】

また、前述のように、OFDM信号の伝送において、送信機は、受信機との同期を取るために、1シンボル長よりも長い時間長を有するプリアンブル部を、送信する信号に挿入することが多い。図1において、プリアンブル部は、特に明記されていないが、伝送開始時に挿入されてもよいし、適宜の間隔で挿入されてもよい。もっとも、プリアンブル部を頻繁に挿入すれば、精度よく位相誤差を修正できる反面、伝送速度が著しく低下する。したがって、本発明の一実施形態に係る伝送方法によれば、プリアンブル部は、伝送開始時に挿入されるか、少ない頻度で挿入されるのが好ましい。

## 【0037】

こうして、送信側において、パイロットシンボルは、一つまたは複数のデータシンボルの間に挿入されて、データシンボルとともに送信され、上述のようなOFDM信号が伝送される。その後、受信側において、パイロットシンボルを用いて、精度良く位相誤差検出を行う。この検出結果と、所定数のデータシンボルの時間長だけ離れた2つのパイロットシンボル相互間の位相差から、パイロットシンボル間のデータシンボルの位相誤差を補償する。そうすれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下においても、正確にデータシンボルを復調することができる伝送方法を実現できる。

## 【0038】

ここで、図1において、データシンボルの前のパイロットシンボルを第1のパイロットシンボルとし、データシンボルの後に続くパイロットシンボルを第2のパイロットシンボルとする。また、第1のパイロットシンボルと第2のパイロットシンボルとの時間的な間隔は、フェージングによる伝送路変動が無視できるよ

う、十分に短いものとする。さらに、以下において、データシンボルの数をM個とし、1シンボルあたりのサブキャリアの数をN個とする。

【0039】

以上のような構成のOFDM信号は、例えば、次のような送信装置によって生成することができる。図2は、本発明の一実施形態に係る送信装置の構成を示した模式図である。

【0040】

図2において、本送信装置は、入力された送信データからデータシンボルを生成するOFDMデータシンボル生成部1と、前述のような所定の周波数成分を有し、その振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを生成するOFDMパイロットシンボル生成部2と、OFDMデータシンボル生成部1およびOFDMパイロットシンボル生成部2からの2つの信号が入力され、それらのいずれかの信号を選択して出力するシンボル選択部3と、シンボル選択部3から出力されたデジタルデータをアナログデータに変換して、送信信号を出力するD/A変換部4とを備える。

【0041】

また、図3は、本発明の一実施形態に係る送信装置における、OFDMデータシンボル生成部1およびOFDMパイロットシンボル生成部2の詳細な構成を示したブロック図である。図3(a)において、OFDMデータシンボル生成部1は、周波数軸上データシンボル生成部11と、逆フーリエ変換部12とを備える。また、図3(b)において、OFDMパイロットシンボル生成部2は、周波数軸上パイロットシンボル生成部21と、逆フーリエ変換部22とを備える。

【0042】

ここで、図2において、送信したいデータは、OFDMデータシンボル生成部1に入力される。入力されたデータは、データシンボルへ変換されて、シンボル選択部3に入力される。

【0043】

より詳細には、図3(a)において、送信したいデータは、まず、周波数軸上データシンボル生成部11に入力される。周波数軸上データシンボル生成部11



は、周波数軸上において所定の間隔で配列された多くのデータキャリアにより構成される、周波数軸上データシンボルを出力する。この周波数軸上データシンボルは、逆フーリエ変換部 12 によって、逆フーリエ変換され、時間軸上に配列された OFDM データシンボルへ変換される。変換された OFDM データシンボルは、シンボル選択部 3 に入力される。

## 【0044】

一方、前述のような所定の周波数成分を有し、その振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルは、OFDM パイロットシンボル生成部 2 によって生成され、シンボル選択部 3 に入力される。

## 【0045】

より詳細には、図 3 (b) において、周波数軸上パイロットシンボル生成部 21 によって、周波数軸上において所定の間隔で配列された多くのパイロットキャリアにより構成される、周波数軸上パイロットシンボルが出力される。この周波数軸上パイロットシンボルは、逆フーリエ変換部 22 によって、逆フーリエ変換され、時間軸上に配列された OFDM パイロットシンボルへ変換される。変換された OFDM パイロットシンボルは、シンボル選択部 3 に入力される。

## 【0046】

シンボル選択部 3 は、上記のように入力された 2 つの信号のうち、一方の信号を選択して出力する。例えば、シンボル選択部 3 は、4 つのデータシンボル毎に 1 つのパイロットシンボルが挿入された図 1 に示されるような信号を出力するものとする。

## 【0047】

このような場合、シンボル選択部 3 は、まず、OFDM パイロットシンボル生成部 2 からの信号を選択する。シンボル選択部 3 は、パイロットシンボルが 1 分出力され終わるタイミングで、OFDM データシンボル生成部 1 からの信号を選択する。その後、シンボル選択部 3 は、データシンボルが 4 分出力され終わるタイミングで、OFDM パイロットシンボル生成部 2 からの信号を選択する。さらに、シンボル選択部 3 は、パイロットシンボルが 1 分出力され終わるタイミングで、再び、OFDM データシンボル生成部 1 からの信号を選択する。そし

て、シンボル選択部 3 は、次々と、上記と同様に選択する信号を切り替えていけば、図 1 に示されるような OFDM 信号を連続的に出力することができる。

## 【 0 0 4 8 】

以上のようにして、シンボル選択部 3 から出力された信号は、D/A 変換部 4 に入力される。D/A 変換部 4 は、入力された信号を、デジタルデータからアナログデータへ変換し、送信信号として出力する。

## 【 0 0 4 9 】

このように、本発明の一実施形態に係る送信装置は、所定の周波数成分を有し、振幅及び位相が所定のパターンを有するパイロットシンボルを、所定数のデータシンボル毎に挿入する。このような送信装置を用いることによって、受信側で、パイロットシンボルを用いて精度良くデータシンボルの位相誤差を補償すれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを伝送することができる。

## 【 0 0 5 0 】

次に、図 4 は、本発明の一実施形態に係る受信装置の構成を示した模式図である。図 4 において、本受信装置は、入力された受信信号をフーリエ変換するフーリエ変換部 5 と、フーリエ変換部 5 から出力された信号の位相を補償する位相補償部 6 と、位相補償部 6 から出力された信号を復調する復調部 7 とを備える。

## 【 0 0 5 1 】

図 4 において、フーリエ変換部 5 は、各シンボルをフーリエ変換し、周波数領域のデータを出力する。出力されたデータは、位相補償部 6 によって、周波数のずれ及び残留位相誤差が除去される。さらに、誤差が除去されたデータは、復調部 7 によって、データシンボルとして復調される。

## 【 0 0 5 2 】

次に、図 5 は、本発明の一実施形態に係る受信装置における位相補償部の構成を詳細に示した模式図である。図 5 において、本受信装置における位相補償部 6 は、フーリエ変換部 5 から出力された信号からパイロットシンボルを検出するパイロットシンボル検出部 6 1 と、パイロットシンボル検出部 6 1 から出力された第 1 のパイロットシンボルと所定の参照パイロットシンボルとの位相差を算出す

る第1のパイロットシンボル位相差算出部62と、パイロットシンボル検出部61から出力されたパイロットシンボル間の位相差を算出するパイロットシンボル間位相差算出部63と、第1のパイロットシンボル位相差算出部62とパイロットシンボル間位相差算出部63からの出力とが入力されて位相補償値を算出する位相補償値算出部64と、位相補償値算出部64からの出力に基づいてパイロットシンボル検出部61から出力された信号の位相を回転させる位相回転部65とを備える。

#### 【0053】

図5において、パイロットシンボル検出部61は、フーリエ変換された周波数領域のデータから、パイロットシンボルを検出する。第1のパイロットシンボル位相差算出部62は、第1のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相と、受信装置内に設けられたメモリ等（図示されていない）に格納されている参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相との差を求める。

#### 【0054】

このメモリに格納されている参照パイロットシンボルは、受信時に、全く位相誤差等がない状態と同様の、理想的なパイロットシンボルである。したがって、第1のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相と参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相との差を求めれば、伝送によって生じた位相誤差を求めることができる。

#### 【0055】

図6は、 $\phi_1$ の位相を有する第1のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアと、 $\phi_r$ の位相を有する参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアとを表した模式図である。第1のパイロットシンボル位相差算出部62は、図6(a)に示されるような、第1のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相 $\phi_1$ と、図6(b)に示されるような、受信側のメモリに格納されている参照パイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相 $\phi_r$ との差 $\phi_{ps}$ を算出する。その算出式は、次式(1)のようになる。

$$\phi_{ps}(i) = \phi_1(i) - \phi_r(i) \quad \cdots (1)$$

ただし、 $i$ は、1から $N$ までの任意の整数である。

## 【 0 0 5 6 】

第 1 のパイロットシンボル位相差算出部 6 2 は、位相差をサブキャリアの数の分だけ、平均化する。平均化された値を  $\phi_p$  とするとき、その算出式は、次式 (2) のようになる。

【数 1】

$$\phi_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \phi_{ps}(i) \quad \dots (2)$$

## 【 0 0 5 7 】

もっとも、受信信号は、伝送路及び雑音により歪を受ける。そのため、 $\phi_p$  を求める際には、受信パイロットシンボルの各キャリアの振幅値に応じた重み付けを行って、平均値を求めた方がより正確になる。そこで、以下、その算出方法について述べる。

## 【 0 0 5 8 】

まず、受信された第 1 のパイロットシンボルに含まれる第  $i$  サブキャリアの複素信号を  $A_1(i)$  とし、受信された第 2 のパイロットシンボルに含まれる第  $i$  サブキャリアの複素信号を  $A_2(i)$  とし、参照パイロットシンボルの第  $i$  サブキャリアの振幅を  $R(i)$  とする。以上を前提にして、 $\phi_p$  は、次式 (3) によって算出される。

【数 2】

$$\begin{aligned} \phi_p &= -\text{angle} \left[ \sum_{i=1}^N \left( \frac{R(i)}{A_1(i)} |A_1(i)|^2 \right) \right] \\ &= -\text{angle} \left[ \sum_{i=1}^N (R(i) \times A_1(i)^*) \right] \quad \dots (3) \end{aligned}$$

ただし、上式 (3) 中の  $*$  は複素共役をあらわし、 $\text{angle}$  は複素数の位相角をあらわすものとする。

## 【 0 0 5 9 】

以上のように平均値を算出すれば、各成分は、 $A_1(i)$  の電力値で重み付けされていることになる。したがって、振幅値の大きいキャリアの位相は平均値へ

の寄与が大きく、振幅値の小さいキャリアの位相は平均値への寄与が小さくなる。以上のことから、受信信号が伝送路及び雑音によって歪を受けたとしても、より正確な平均値を算出することができる。

【0060】

次に、パイロットシンボル間位相差算出部 63 は、第 1 のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相と第 2 のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相との位相差を求める。

【0061】

図 7 は、 $\phi 1$  の位相を有する第 1 のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアと、 $\phi 2$  の位相を有する第 2 のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアとを表した模式図である。パイロットシンボル間位相差算出部 63 は、図 7 (a) に示されるような、第 1 のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相  $\phi 1$  と、図 7 (b) に示されるような、第 2 のパイロットシンボルに含まれるサブキャリアの位相  $\phi 2$  との位相差  $\phi$  を算出する。その算出式は、次式 (4) のようになる。

$$\phi(i) = \phi 1(i) - \phi 2(i) \quad \dots (4)$$

ただし、 $i$  は、1 から  $N$  までの任意の整数であるものとする。

【0062】

パイロットシンボル間位相差算出部 63 は、位相差をサブキャリアの数の分だけ平均化する。平均化された値を  $\phi a$  とするとき、その算出式は、次式 (5) のようになる。

【数 3】

$$\phi a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \phi(i) \quad \dots (5)$$

【0063】

以上のように、パイロットシンボルに含まれる全サブキャリアの数の分だけ平均化することによって、全サブキャリアの周波数にわたって正確に位相差を算出することができる。この点で、各データシンボルにパイロットキャリアを挿入す

る従来例の方式よりも、より正確に位相差を算出することができる。なぜなら、従来の方式によって挿入されるパイロットキャリアの数は、全サブキャリアの数と比較して、極めて少ないので、従来の方式では、全周波数帯にわたって正確に位相差を算出することができないからである。

【 0 0 6 4 】

もっとも、以上の平均値算出方法については、前述と同様、受信パイロットシンボルの各キャリアの振幅値に応じて重み付けを行い、その後に平均値を求める方が、より正確である。そこで、前述と同様に、平均化された値を  $\phi a$  とするとき、その算出式は、次式 (6) のようになる。

【数 4】

$$\begin{aligned}\phi a &= \text{angle} \left[ \sum_{i=1}^N \left( \frac{A2(i)}{A1(i)} |A1(i)|^2 \right) \right] \\ &= \text{angle} \left[ \sum_{i=1}^N (A2(i) \times A1(i)^*) \right] \dots (6)\end{aligned}$$

【 0 0 6 5 】

以上のように平均値を算出すれば、各成分は  $A1(i)$  の電力値で重み付けされていることから、振幅値の大きいキャリアの位相は平均値への寄与が大きく、振幅値の小さいキャリアの位相は平均値への寄与が小さくなる。したがって、受信信号が、伝送路及び雑音によって歪を受けたとしても、より正確な平均値を算出することができる。

【 0 0 6 6 】

位相補償値算出部 6 4 は、第 1 のパイロットシンボルから第 2 のパイロットシンボルの間に存在する各データシンボルに対する位相補償値  $\phi d$  を、パイロットシンボル間位相差  $\phi a$  から得られる直線近似によって求める。ここで、直線近似によって求めるのは、周波数ずれによる位相変動が時系列において線形性を有するからである。したがって、直線近似によれば、線形的に正確な補償をすることができる。

【 0 0 6 7 】

図8は、第1のパイロットシンボルから第2のパイロットシンボルの間に存在する各データシンボルに対する位相補償値 $\phi d$ を縦軸に、各シンボルの番号すなわち時間を横軸にとって、その関係を表したグラフである。図8に示されるように、各データシンボルに対する位相補償値 $\phi d$ は、パイロットシンボル間位相差 $\phi a$ から、直線近似により求めうることがわかる。

【0068】

ここで、第1のパイロットシンボルから第2のパイロットシンボルの間に存在する或るデータシンボルを $k$ とし、 $k$ は、1から $M$ までの任意の整数であるとする。このとき、第1のパイロットシンボルから第2のパイロットシンボルの間に存在するデータシンボル数は、 $M$ 個となる。以上を前提として、上述の直線近似により、各データシンボルに対する位相補償値 $\phi d$ を算出する数式は、次式(7)のように表すことができる。

【数5】

$$\phi d(k) = \phi p + \frac{\phi a}{M+1} \times k \quad \dots (7)$$

【0069】

次に、位相回転部65は、以上のようにして求めた位相補償値によって、第1のパイロットシンボルから第2のパイロットシンボルの間に存在する各データシンボルに含まれるサブキャリアの位相を補償する。図9は、第 $k$ データシンボルにおける位相補償の様子を表した模式図である。各データシンボルに含まれるサブキャリアの位相は、図9に示すように求めた位相補償値から、次式(8)のように補償される。ただし、 $i$ および $k$ は、1から $N$ までの任意の整数である。

$$C'_{k(i)} = C_{k(i)} \times \exp(j \cdot \phi d(k)) \quad \dots (8)$$

【0070】

以上の位相補償は、第1のパイロットシンボルから第2のパイロットシンボルの間に存在する $k$ 個のデータシンボルに対して行われる。従って、実際には、これらのデータシンボルは一旦、例えば、受信装置に設けられた、図示されていないデータシンボル記憶部に保存される。位相補償値が算出された後、当該データ

シンボル記憶部に保存されていたデータシンボルが読み出され、これに対して、位相補償が行われることになる。

【 0 0 7 1 】

このようにして、位相補償部 6 は、入力されたデータの周波数ずれ及び残留位相誤差を除去する。そして、直線近似値を用いてパイロットシンボル間のデータシンボルの位相誤差を補償すれば、マルチパスフェージング環境や大きな雑音が生じている環境下でも正確にデータシンボルを復調することができる。また、周波数ずれによる位相変動は時系列において線形性を有するため、線形的に正確な補償をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態に係る伝送方法における、OFDMシンボルの構成図である。

【図 2】

本発明の一実施形態に係る送信装置の構成を示すブロック図である。

【図 3】

本発明の一実施形態に係る送信装置におけるOFDMデータシンボル生成部およびOFDMパイロットシンボル生成部の構成を示すブロック図である。

【図 4】

本発明の一実施形態に係る受信装置の構成を示すブロック図である。

【図 5】

本発明の一実施形態に係る受信装置における位相補償部の構成を示すブロック図である。

【図 6】

第 1 のパイロットシンボルおよび参照シンボルにおけるサブキャリアについて説明する模式図である。

【図 7】

第 1 のパイロットシンボルおよび第 2 のパイロットシンボルにおけるサブキャリアについて説明する模式図である。



【図 8】

パイロットシンボル間位相差から、直線近似によって位相補償値を算出することができることを示す図である。

【図 9】

データシンボルに含まれるサブキャリアに対する位相補償について説明する模式図である。

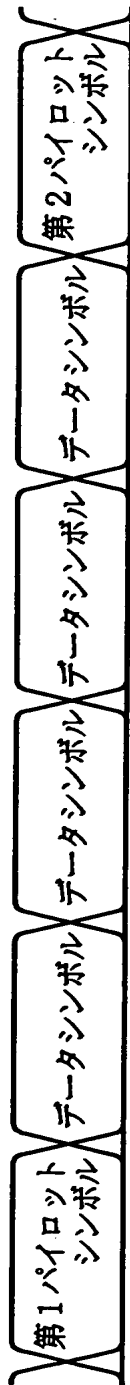
【符号の説明】

- 1 OFDMデータシンボル生成部
- 2 OFDMパイロットシンボル生成部
- 3 シンボル選択部
- 4 D/A変換部
- 5 フーリエ変換部
- 6 位相補償部
- 7 復調部
- 1 1 周波数軸上データシンボル生成部
- 1 2 逆フーリエ変換部
- 2 1 周波数軸上パイロットシンボル生成部
- 2 2 逆フーリエ変換部
- 6 1 パイロットシンボル検出部
- 6 2 第 1 のパイロットシンボル位相差算出部
- 6 3 パイロットシンボル間位相差算出部
- 6 4 位相補償値算出部
- 6 5 位相回転部

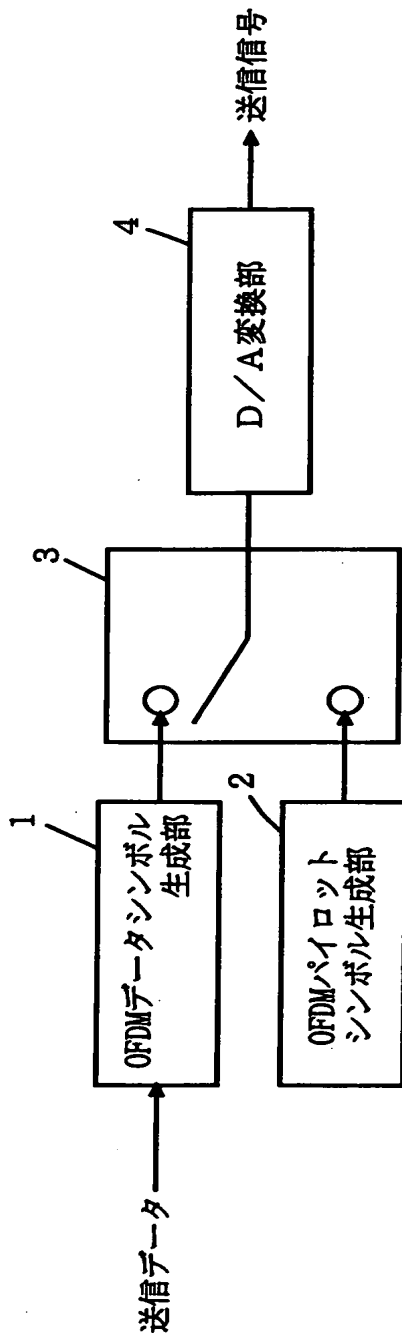
【書類名】

図面

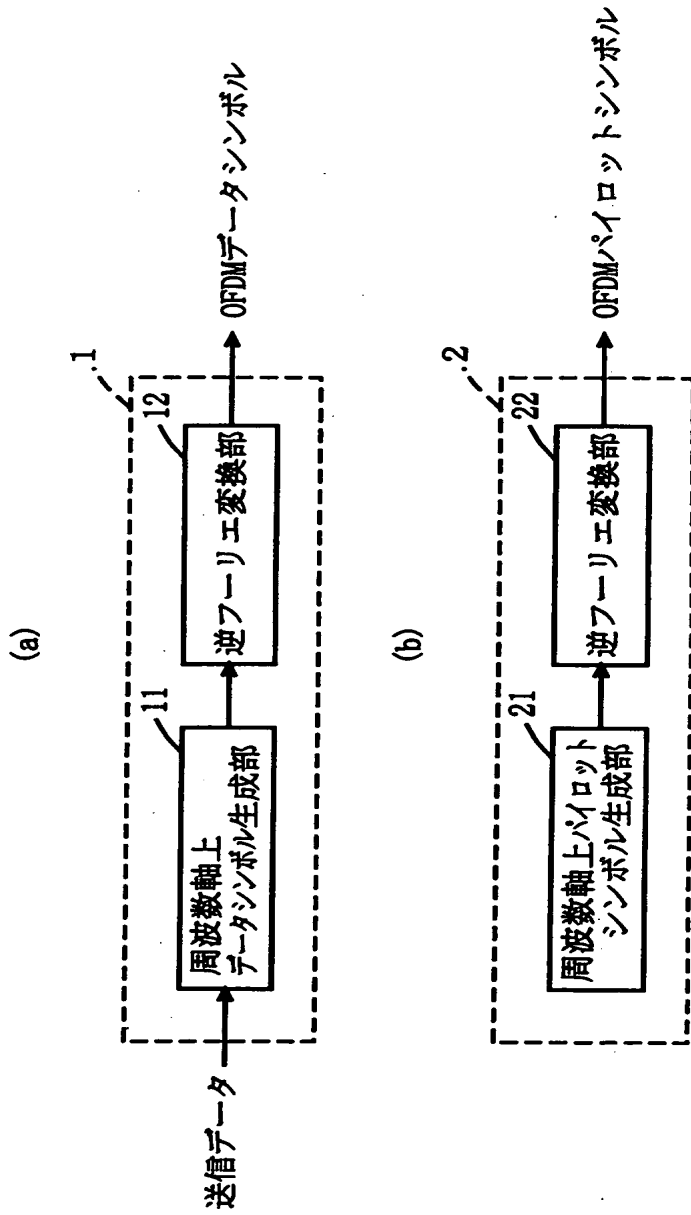
【図 1】



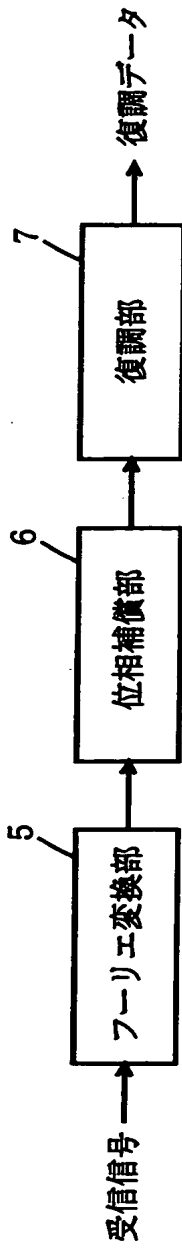
【図 2】



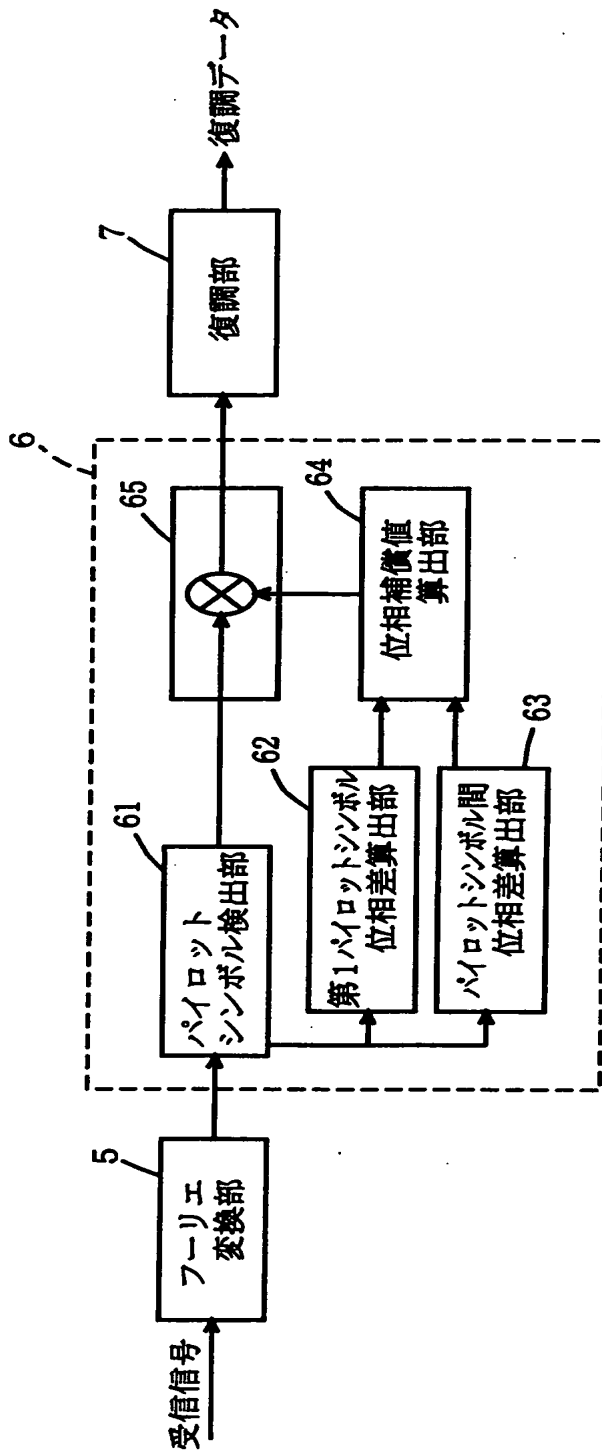
【図 3】



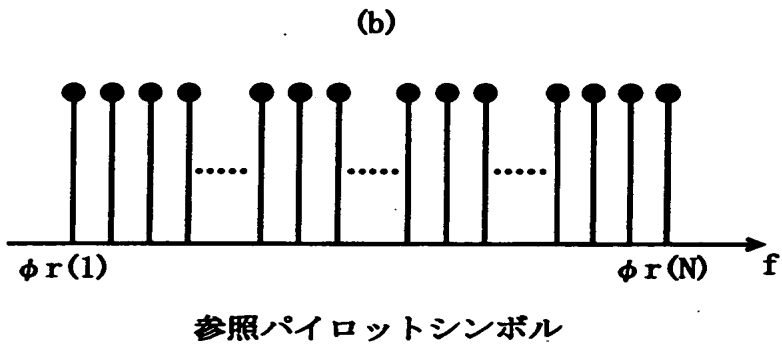
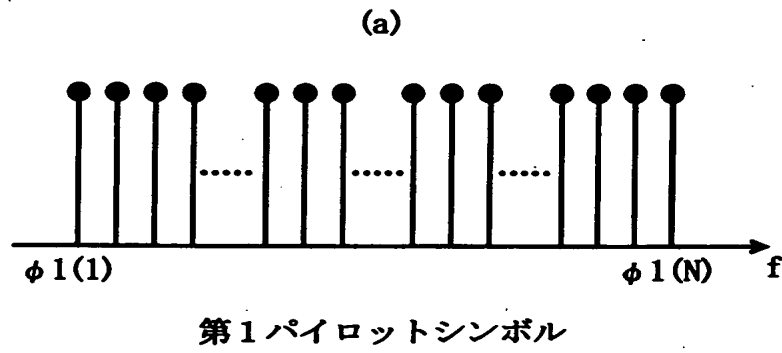
【図 4】



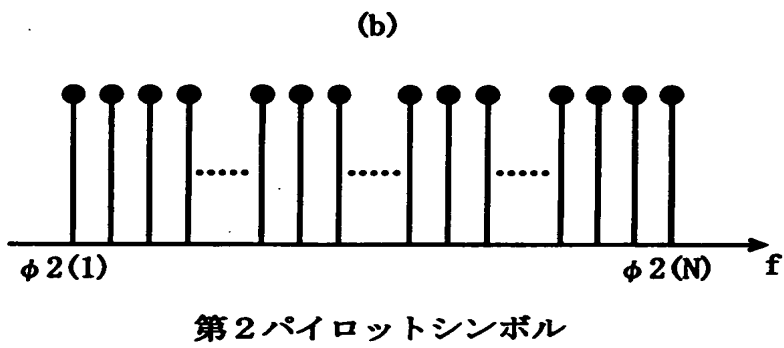
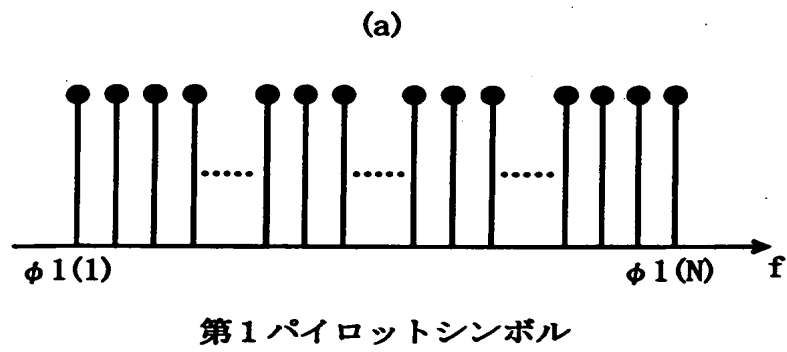
【図 5】



【図 6】

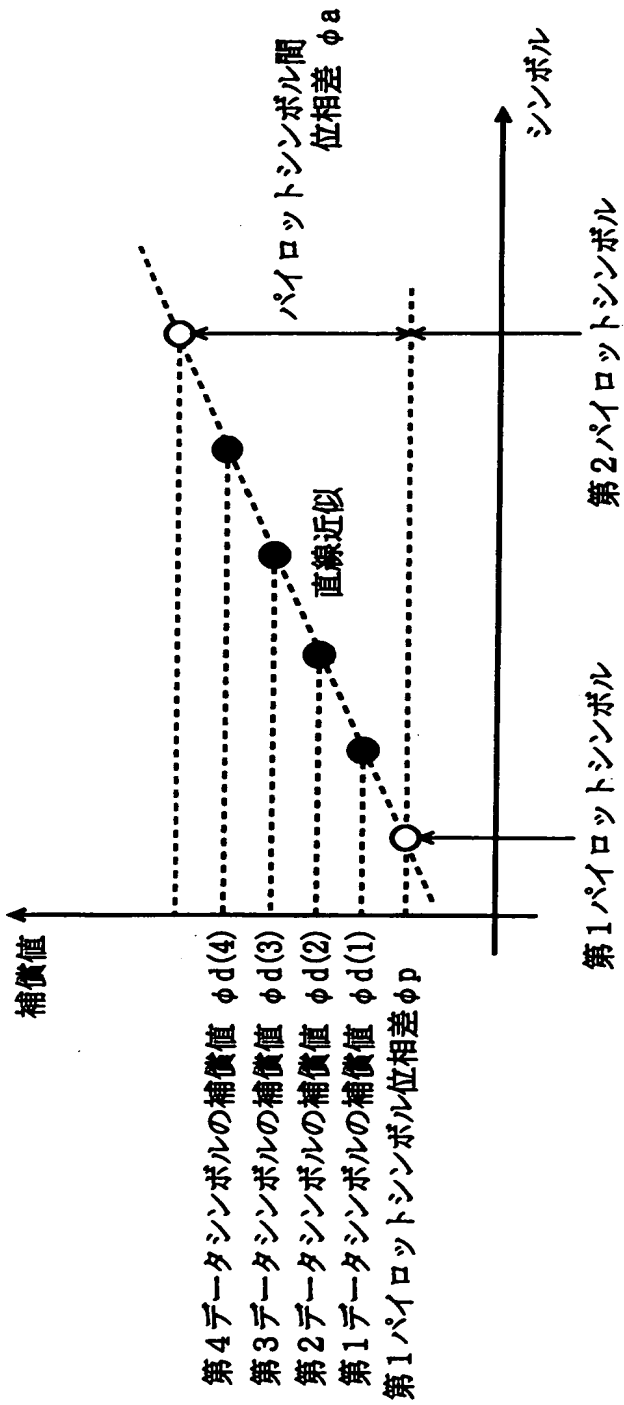


【図 7】

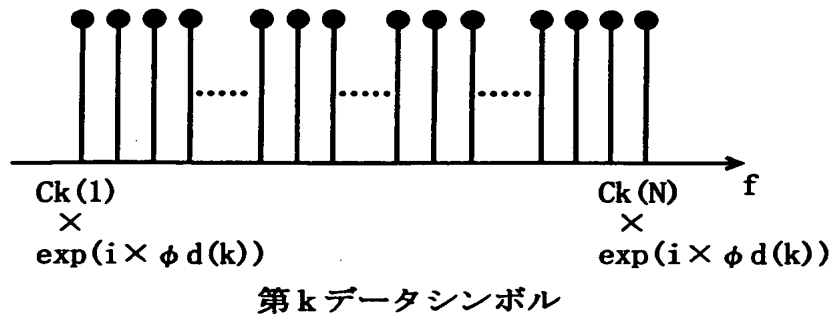




【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 OFDM方式における、送信側と受信側との間の周波数ずれ、受信機の局部発振器の位相ノイズに起因する時間的な位相変動を補償し、復調特性を改善する。

【解決手段】 OFDM信号には、所定の周波数成分と所定のパターンの振幅及び位相を有するパイロットシンボルが所定数のデータシンボル毎に挿入される。当該信号を受信する受信装置のパイロットシンボル検出部 6 1 は、パイロットシンボルを検出する。第 1 のパイロットシンボル位相差算出部 6 2 は、第 1 のパイロットシンボルの位相誤差を求め、パイロットシンボル間位相差算出部 6 3 は、第 1 のパイロットシンボルと次の第 2 のパイロットシンボルとの位相差を求める。さらに、位相補償値算出部 6 4 は、データシンボルの位相誤差をパイロットシンボル間の位相差の直線近似から求める。最後に、位相回転部 6 5 は、データシンボルの位相を回転させて、補償する。

【選択図】 図 1

認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第217918号
受付番号	59900737952
書類名	特許願
担当官	第八担当上席 0097
作成日	平成11年 8月 3日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成11年 7月30日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日	1990年 8月28日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名	松下電器産業株式会社